

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DIOGO DE SOUZA

INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA NA ATIVIDADE DE  
TERRAPLENAGEM NA RODOVIA SC 120 – CURITIBANOS SC.

CURITIBA  
2017

DIOGO DE SOUZA

INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA NA ATIVIDADE DE  
TERRAPLENAGEM NA RODOVIA SC 120 – CURITIBANOS SC.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Especialização em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas e Mercado de Carbono, do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como pré-requisito para obtenção do título de especialista. Orientador (a): Prof. Dr. Carlos Sanquetta.

CURITIBA  
2017

## RESUMO

O objetivo deste estudo é realizar o inventário de emissões de gases do efeito estufa de obras de terraplenagem da SC 120, localizada no município de Curitibanos – SC. A ferramenta utilizada para gerenciar e quantificar as emissões de GEE foi o GHG protocol 2014. Este inventário relata as emissões de GEE de acordo um período determinado, sendo utilizado como guia para possíveis reduções. O estudo foi realizado na SC 120, localizada entre os municípios de Curitibanos e São José do Cerrito, região de transição entre serra catarinense e meio oeste do estado. Este trecho da rodovia possui 40 km no seu total. A obra está dividida em 2 lotes, sendo que o Lote 1 é a fração de rodovia pertencente ao município de Curitibanos, totalizando 20,3 km e o Lote 2 está situado no município de São José do Cerrito, tendo 19,70 km. O estudo em questão levou em consideração apenas o Lote 1, devido ao Lote 2 não ter sofrido intervenções no período do levantamento dos dados. Foram levantadas todas as fontes emissoras de gases do efeito estufa pertencentes a atividade de terraplenagem. As fontes foram classificadas de acordo a ferramenta de inventário de emissões de GEE do GHG protocol 2014. As emissões de dos gases do efeito estufa gerados pela obra de terraplenagem são originadas basicamente na queima de combustível pelas fontes móveis, tanto próprias (fontes diretas, escopo 1) quanto terceirizadas (indiretas, escopo 3). Em menor expressividade estão as emissões geradas pela compra de energia elétrica e por último o tratamento dos resíduos gerados. Pensando em mitigação destas emissões, a troca gradual da frota particular e terceirizada por equipamentos que consumam combustíveis de fontes menos emissoras (biodiesel) e máquinas que consomem menos combustível pode apresentar resultados interessantes se tratando da redução das emissões destes gases.

Palavras chave: Implementação asfáltica; índice de emissões por quilometro; GHG protocol Brasil.

## ABSTRACT

The objective of this study is to carry out the inventory of emissions of greenhouse gases from earthworks of SC 120, located in the city of Curitibanos - SC. The tool used to manage and quantify GHG emissions was the GHG protocol Brazil 2014. This inventory reports the GHG emissions according to a given period, being used as a guide for possible reductions. The study was carried out at SC 120, located between the city of Curitibanos and São José do Cerrito, a transition region between the state of Santa Catarina and the middle west of the state. This section of the highway has 40 km in total. The work is due in 2 lots, and Lot 1 is the fraction of highway belonging to the municipality of Curitibanos, totaling 20.3 km and Lot 2 is situated in the municipality of São José do Cerrito, with 19.70 km. The study in question took only Lot 1 into account, since Lot 2 did not undergo interventions during the period of data collection. All emitting sources of greenhouse gases belonging to earthmoving activity were surveyed. The sources were classified according to the GHG emission inventory tool of the GHG protocol 2014. Emissions of the greenhouse gases generated by the earthmoving work are basically originated in the burning of fuel by the mobile sources, both their own (direct sources, scope 1) and outsourced (indirect, scope 3). In less expressiveness are the emissions generated by the purchase of electric energy and, lastly, the treatment of the waste generated. With a view to mitigating these emissions, the gradual exchange of the private and outsourced fleet by equipment that consumes fuels from less-emitting sources (biodiesel) and engines that consume less fuel can produce interesting results when it comes to reducing emissions of these gases.

Key words: Asphaltic implementation; Emissions per kilometer; GHG protocol Brazil.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – localização da rodovia SC 120, mostrando a localização no âmbito nacional e estadual.....	11
<b>Figura 2</b> – Fluxograma dos escopos e subdivisões da ferramenta GHG Protocol Brasil 2014.....	12

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> – consumo de combustível (diesel) por equipamento.....	16
<b>Gráfico 2</b> – consumo de combustível (diesel) por equipamento terceirizado.....	19
<b>Gráfico 3</b> – Emissões totais de GEE por escopo.....	23

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1</b> – Consumo de combustível através de fonte móvel particular.....	14
<b>TABELA 2</b> – Emissões da gee oriundas do tratamento de resíduos sólidos.....	17
<b>TABELA 3</b> – Compra de energia elétrica.....	17
<b>TABELA 4</b> – Consumo de combustível por terceiros.....	18
<b>TABELA 5</b> – Emissões de gee oriundas de fontes móveis particular.....	20
<b>TABELA 6</b> – Emissões da gee oriundas do tratamento de resíduos sólidos.....	20
<b>TABELA 7</b> – Compra de energia elétrica – escopo 2.....	21
<b>TABELA 8</b> – Emissões totais de gee pelo escopo 3.....	22
<b>TABELA 9</b> – Emissões de gee por e escopo e emissões totais.....	22

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
1.1	Fundamentação teórica .....	9
1.2	Justificativa .....	9
1.3	Objetivos .....	10
1.3.1	Objetivo Geral.....	10
1.3.2	Objetivos específicos.....	10
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>11</b>
2.1	Localização .....	11
2.2	Metodologia aplicada .....	12
<b>3</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>14</b>
3.1	Fontes geradoras de GEEs.....	14
3.1.1	Fontes móveis – escopo 1 .....	14
3.1.2	Tratamento de resíduos – Escopo 1 .....	16
3.1.3	Compra de energia – Escopo 2 .....	17
3.1.4	Fontes móveis terceirizadas – Escopo 3 .....	18
3.2	Emissões de gases do efeito estufa.....	19
3.2.1	Escopo 1 – Emissões diretas de GEE .....	19
3.2.2	Escopo 2 – Compra de Energia.....	21
3.2.3	Escopo 3 – Fontes Indiretas de GEE.....	21
3.2.4	Emissões totais.....	22
3.3	Mitigações.....	24
3.3.1	Escopo 1 – Fontes diretas de emissões de GEE.....	24
3.3.2	Escopo 2 – consumo de energia. ....	24
3.3.3	Escopo 3 – Fontes indiretas de emissões. ....	24
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>27</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos tempos a mudança climática tornou-se um assunto de enorme importância para a sociedade, participando cada vez mais da vida política, questões sociais e relevância econômica (OJIMA, 2011). A partir de 2007 vem aumentando o interesse sobre os assuntos ambientais, isso por que o IPCC – Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas – com a divulgação do seu quarto relatório diminuiu a incerteza das previsões relacionadas ao aquecimento global surgindo assim um maior interesse nas discussões referente ao assunto (CARVALHO; MACHADO; MEIRELLES, 2011).

Uma das conclusões do relatório acima mencionado foi a indicação de 90% de certeza que o aumento da temperatura mundial está relacionado com as atividades humanas. Outra afirmação é que nos últimos doze anos do relatório (1995-2016) registraram-se as 11 temperaturas médias anuais mais altas desde 1950. Já os relatórios mais recentes do IPCC (2012) registraram ainda que dois terços das emissões antropogênicas de GEE são da combustão de combustíveis fósseis.

Visando a redução de emissões destes gases nocivos ao meio ambiente e a comunidade em geral, O Brasil, em 2009, firmou um compromisso voluntário para redução das emissões, entre 36,1% e 38,9% até o ano de 2020 (Política Nacional de Mudanças Climáticas - PNMC, Lei nº 12.187/2009) (Brasil, 2009). Essa política trouxe como um de seus benefícios à introdução de instrumentos financeiros e econômicos visando promover a mitigação e a adaptação destas mudanças climáticas registradas. O inventário de GEE é um destes instrumentos e vêm sendo utilizado por inúmeros estados brasileiros, como Minas Gerais (2010), São Paulo (2009) e Rio de Janeiro (2010) (Decreto Estadual 45.229/2009, Lei nº 13.798/2009 e Lei nº 5.690/2010, respectivamente).

O setor privado também vem demonstrando interesse na utilização destas ferramentas para gestão de carbono. Exemplos desta afirmação são as empresas do setor de construção civil, papel e celulose, cosméticos e empresas especializadas em distribuição de energia.

Seguindo essa tendência, o objetivo deste estudo é realizar o inventário de emissões de gases do efeito estufa de obras de terraplenagem da SC 120, localizada no município de Curitibanos – SC.

Colocar um item só cruzando introdução, justificativa e objetivos.

### **1.1 Fundamentação teórica**

Uma das ferramentas mais utilizadas para gerenciar e quantificar as emissões de GEE é o GHG protocol. Originária de metodologia aplicado nos Estados Unidos em 1998, pelo World Resources Institute (WRI), sendo atualmente o método mais utilizado pelo setor público e provado no mundo para inventário dessas emissões. É também compatível com os métodos de quantificação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC).

Já o programa brasileiro desenvolvido pelo GHG protocol objetiva criar e estimular a confecção e publicação de inventários de emissões de gases do efeito estufa (GEE), confeccionando materiais utilizados como base e metodologia visando a criação de um padrão para essa atividade (GHG protocol, 2014).

Ainda de acordo ao GHG protocol, a aplicação deste método no Brasil acontece de forma adaptada levando em consideração a diferença regional do nosso país. O Programa Brasileiro organiza grupos de trabalho em conjunto com as empresas que fazem parte do programa visando o aperfeiçoamento do método e desenvolvimento de novas ferramentas para o inventário de emissões de GEE de acordo com a demanda nacional.

Também está disponível na ferramenta brasileira o Registro Público de Emissões, uma área pública exclusiva para consulta de relatórios e estatísticas por setor de trabalho, sendo mundialmente reconhecido como uma iniciativa de destaque (GHG protocol, 2014).

### **1.2 Justificativa**

Obras de implementação asfáltica costumam ser ambientalmente impactantes, devido a diversas intervenções para melhorias na rodovia e na busca por matérias e minerais utilizados. As emissões de gases do efeito estufa estão presentes em todas as etapas, desde o desmatamento até a pavimentação, incluindo neste contexto a terraplenagem.

A terraplenagem consiste na reconfiguração topográfica da rodovia, visando a melhor configuração final para os usuários e facilitar os serviços da pavimentação asfáltica. Nesta etapa são utilizados inúmeras máquinas e equipamentos, grandes fontes de emissões de GEE através da queima de combustíveis fósseis.

O inventário de emissões de gases do efeito estufa é uma ferramenta importante para a gestão de carbono dentro de uma obra. Este inventário relata as emissões de GEE de acordo um período determinado, sendo utilizado como guia para possíveis reduções.

A falta destas informações acarreta na má gestão e dificulta qualquer manobra para reduzir e/ou neutralizar esses gases, que em quantidades elevadas, são nocivos para a comunidade inserida na região.

Portanto, faz-se necessário à realização deste inventário de emissões para avaliar atividade de terraplenagem na obra de implementação asfáltica na SC 120, localizada em Curitiba SC.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo Geral**

- Inventariar emissões de gases do efeito estufa oriundas da atividade de terraplenagem realizadas na SC -120, no município de Curitiba SC.

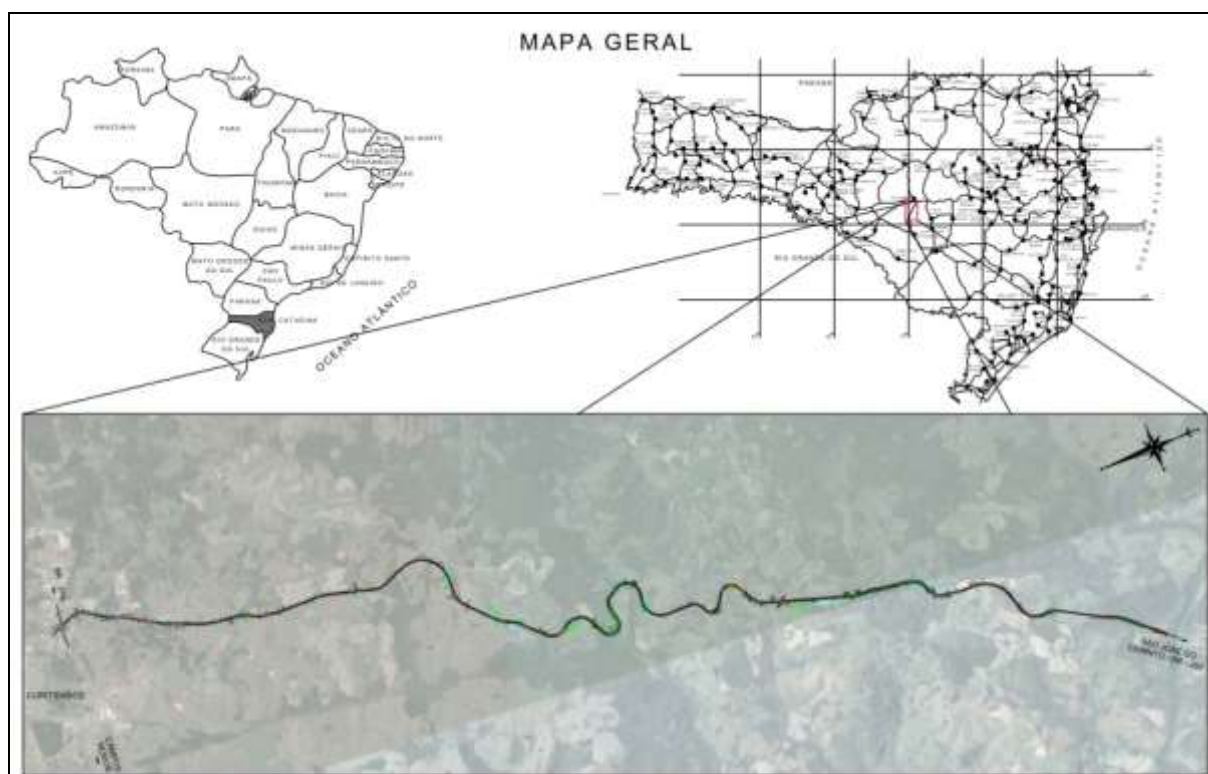
#### **1.1.1 Objetivos específicos**

- Identificar as fontes de emissões de GEE realizadas entre junho/2015 e junho/2016;
- Realizar levantamento de emissões totais e por escopo;
- Realizar mitigações sobre as emissões;

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização

O estudo foi realizado na SC 120, localizada entre os municípios de Curitiba e São José do Cerrito, região de transição entre serra catarinense e meio oeste do estado. Este trecho da rodovia possui 40 km no seu total. A obra está dividida em 2 lotes, sendo que o Lote 1 é a fração de rodovia pertencente ao município de Curitiba, totalizando 20,3 km (FIGURA 1), e o Lote 2 está situado no município de São José do Cerrito, tendo 19,70 km. O estudo em questão levou em consideração apenas o Lote 1, devido ao Lote 2 não ter sofrido intervenções no período do levantamento dos dados.



**FIGURA 1** – localização da rodovia SC 120, mostrando a localização no âmbito nacional e estadual.

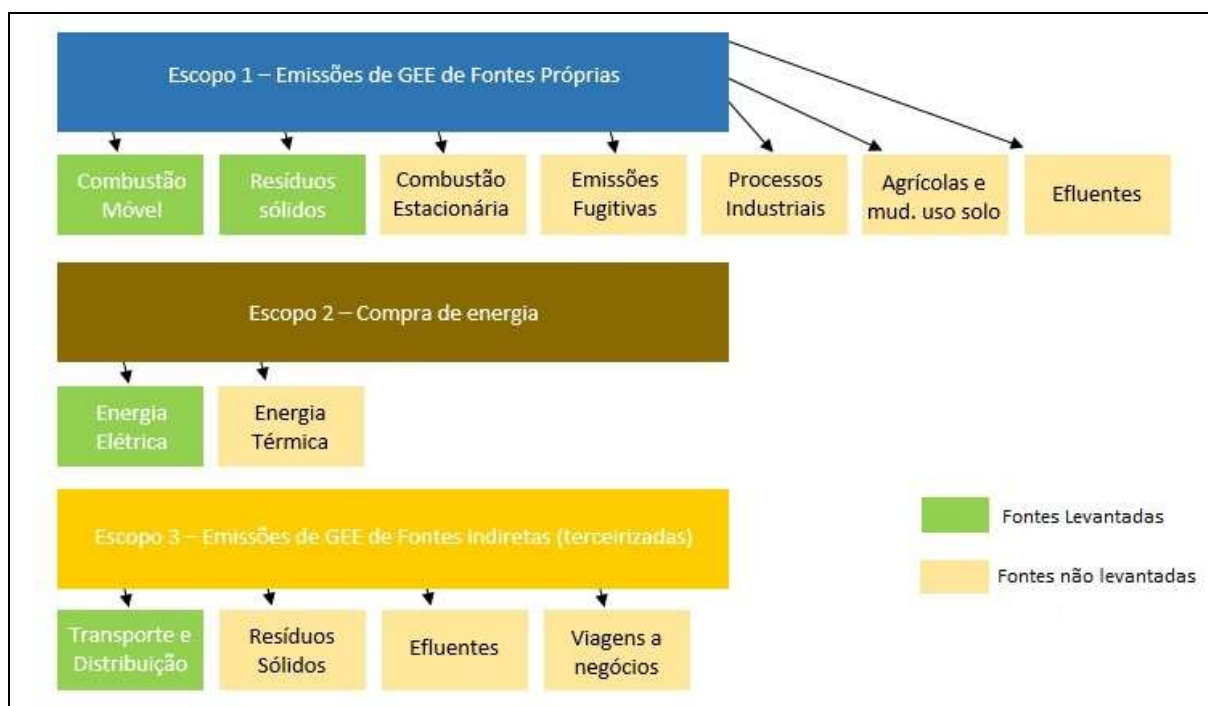
Fonte: projeto executivo da obra.

## 2.2 Metodologia aplicada

As informações sobre consumo de diesel foram levantadas com o auxílio da equipe de manutenção e almoxarife da empresa executora da obra, através do software de gestão de estoque denominado Protheus. Os dados foram organizados e analisados em planilhas de Excel.

Os dados de consumo de energia elétrica foram levantados através do sistema online da distribuidora de energia. Já os dados dos resíduos sólidos foram retirados do Plano de Gestão de Resíduos Sólidos da empresa.

Para realizar o inventário de emissões de gases do efeito estufa (GEE) na obra de terraplenagem, foi utilizado a ferramenta *GHG protocol* Brasil 2014. Esta ferramenta divide as emissões em 3 escopos, sendo elas: Escopo 1 – Emissões de GEE de Fontes Próprias; Escopo 2 – Compra de energia e; Escopo 3 – Emissões de GEE de Fontes indiretas (terceirizadas). O fluxograma a seguir (FIGURA 2) demonstra as divisões dos escopos, bem como suas subdivisões.



**FIGURA 2** – Fluxograma dos escopos e subdivisões da ferramenta GHG Protocol Brasil 2014.

Inicialmente foi realizado um levantamento de fontes de emissões de GEE durante etapa de terraplenagem na da obra. Essas fontes serão classificadas de acordo com os três escopos, ou seja, fonte diretas (máquinas e equipamentos

próprios), fonte indireta pelo consumo de energia e fontes indiretas via outras atividades (terceiros na atividade de terraplenagem). Os dados a serem levantados foram entre o período de junho/2015 a junho/2016. O motivo para a escolha desta série histórica se deu pelo início da obra no mês de junho de 2015.

As fontes que foram analisadas são:

- Fontes móveis;
- Resíduos gerados;
- Consumo de Energia elétrica.

Não foram contabilizadas as emissões fugitivas devido a não realização de manutenção dos equipamentos de ar condicionado e extintor no período do estudo. As fontes estacionárias também não serão contabilizadas devido a não operação das mesmas neste período, o limitador da operação destas fontes foram as licenças ambientais.

Uma vez identificadas as fontes, as emissões foram contabilizadas e transformadas para CO<sub>2</sub> e, utilizando a ferramenta disponibilizada pela GHG protocol, sendo a melhor medida para comparações futuras. Os dados foram compilados utilizando a ferramenta Microsoft Excel, com informações sobre os três escopos.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Fontes geradoras de GEEs

Foram levantadas todas as fontes emissoras de gases do efeito estufa pertencentes a atividade de terraplenagem. As fontes foram classificadas de acordo a ferramenta de inventário de emissões de GEE do GHG protocol. As informações serão divididas nos 3 escopos elencados por esse procedimento.

##### 3.1.1 Fontes móveis – escopo 1

A tabela 1 apresenta informações sobre as fontes móveis e consumo anual de combustível (diesel comum).

**TABELA 1 – Consumo de combustível através de fonte móvel particular.**

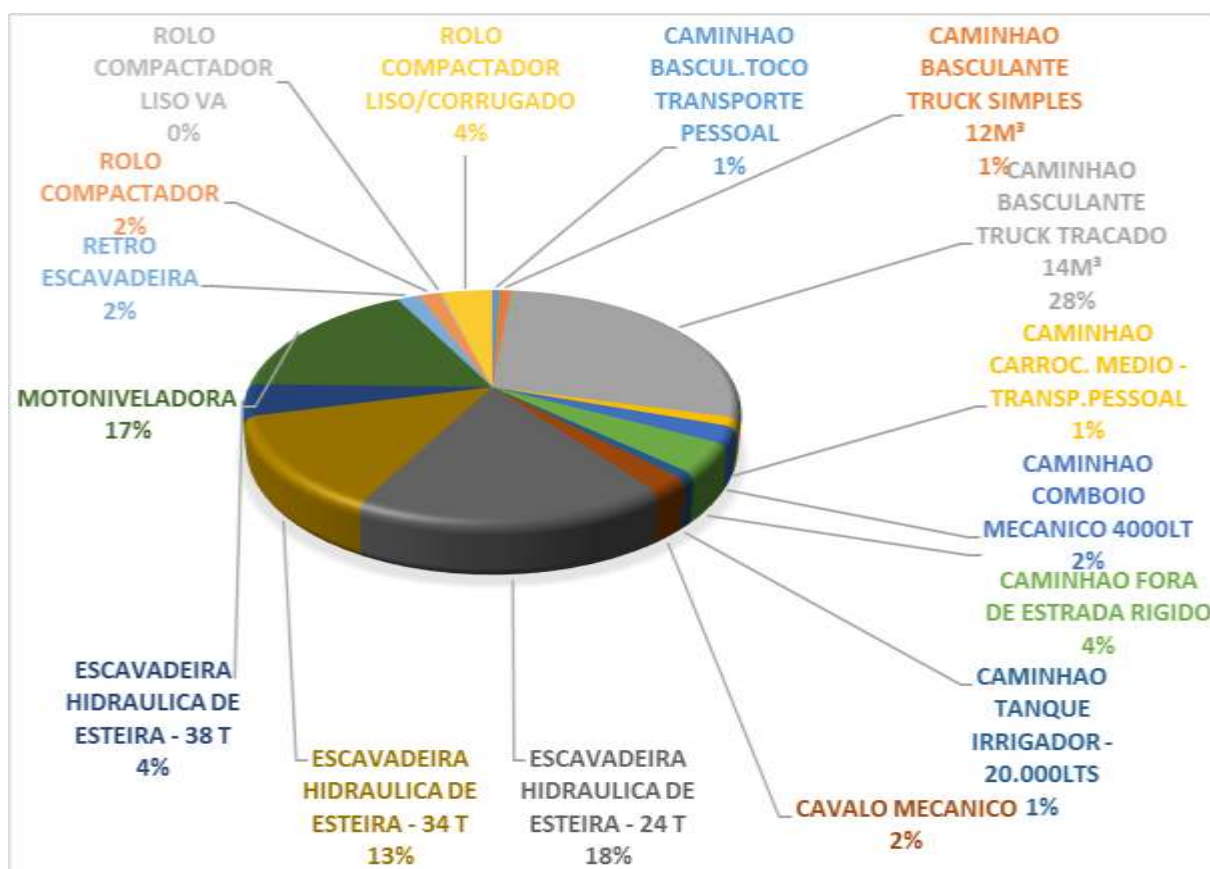
Frota Particular				
Código Caminhão	Descrição do equipamento	Consumo Jun/dez 2015 (L)	Consumo Jan/jun 2016 (L)	Total (L)
CBV02	Caminhão Basculante Simples 12m <sup>3</sup>	329,29	-	329,29
CBV04	Caminhão Basculante Simples 12m <sup>3</sup>	151	-	151
CBV05	Caminhão Basculante Simples 12m <sup>3</sup>	150	-	150
CBV11	Caminhão Basculante Simples 12m <sup>3</sup>	406,32	-	406,32
CBV12	Caminhão Basculante Simples 12m <sup>3</sup>	264,79	-	264,79
CBV13	Caminhão Basculante Simples 12m <sup>3</sup>	404,89	-	404,89
CBV18	Caminhão basculante traçado 14m <sup>3</sup>	3874,93	-	3874,93
CBV23	Caminhão basculante traçado 14m <sup>3</sup>	3733,3	300,1	4033,4
CBV28	Caminhão basculante traçado 14m <sup>3</sup>	4489,87	413,1	4902,97
CBV29	Caminhão basculante traçado 14m <sup>3</sup>	4139,62	389	4528,62
CBV31	Caminhão basculante traçado 14m <sup>3</sup>	1049,21	-	1049,21
CBV33	Caminhão basculante traçado 14m <sup>3</sup>	4079,63	185	4264,63
CBF16	Caminhão basculante traçado 14m <sup>3</sup>	90,01	-	90,01
CBF17	Caminhão basculante traçado 14m <sup>3</sup>	640,84	-	640,84
CBF20	Caminhão basculante traçado 14m <sup>3</sup>	844,52	-	844,52
CBF26	Caminhão basculante traçado 14m <sup>3</sup>	638	-	638
CBF29	Caminhão basculante traçado 14m <sup>3</sup>	789,75	-	789,75
CVM01	Caminhão Basculante Simples 12m <sup>3</sup>	423,78	-	423,78
CVM03	Caminhão Basculante Simples 12m <sup>3</sup>	100	-	100
CVM06	Caminhão Basculante Simples 12m <sup>3</sup>	100	-	100
CVM17	Caminhão basculante traçado 14m <sup>3</sup>	3582,06	4559,2	8141,26
CVM19	Caminhão basculante traçado 14m <sup>3</sup>	4823,41	20	4843,41
CVM21	Caminhão basculante traçado 14m <sup>3</sup>	4599,45	945,1	5544,55
CVM23	Caminhão basculante traçado 14m <sup>3</sup>	5769,55	1066,5	6836,05

CVM27	Caminhão basculante traçado 14m <sup>3</sup>	5201,75	2229,7	7431,45
CVM29	Caminhão basculante traçado 14m <sup>3</sup>	6169,6	1927,1	8096,7
CVM32	Caminhão basculante traçado 14m <sup>3</sup>	5562,05	3203,5	8765,55
CPW01	Caminhão Tanque Irrigador - 20.000 L	1242,03	-	1242,03
CMV06	Cavalo Mecânico	3820,94	2161	5981,94
CBM05	Caminhão Bascul.Toco Transporte Pessoal	1556,45	-	1556,45
CLM01	Caminhão Comboio Mecânico 4000 L	3652	2688	6340
CCF02	Caminhão Carroc. Médio - Transp.Pessoal	1953,9	1289,8	3243,7
CFR02	Caminhão Fora De Estrada Rígido	3766	2840,2	6606,2
CFR05	Caminhão Fora De Estrada Rígido	4760	-	4760
CPF07	Caminhão Tanque Irrigador - 20.000 L	543	507	1050
EHL02	Escavadeira Hidráulica De Esteira - 38 t	12092	-	12092
EHV06	Escavadeira Hidráulica De Esteira - 24 t	16015	547	16562
EHV14	Escavadeira Hidráulica De Esteira - 24 t	19662	11934	31596
EHJ01	Escavadeira Hidráulica De Esteira - 34 t	26057	9837	35894
MNC06	Motoniveladora	1571	-	1571
MNC09	Motoniveladora	13585	15278	28863
MNV03	Motoniveladora	526	2791	3317
MNV04	Motoniveladora	11935	845	12780
RHC01	Rolo Compactador	739	150	889
RHC03	Rolo Compactador	3079	468	3547
RCC05	Rolo Compactador Liso/Corrugado	2703	2575	5278
RCC06	Rolo Compactador Liso/Corrugado	3271	758	4029
REC12	Retroescavadeira	812	1303	2115
REC16	Retroescavadeira	2445	63	2508
RCD08	Rolo Compactador Liso/Corrugado	1381	-	1381
RCD10	Rolo Compactador Liso	334	84	418
Total		199.908	71.357	271.266

Nota-se que no ano de 2015 o consumo de combustível oriunda de frota particular foi amplamente maior do que o ano de 2016, isso acontece porque no ano de 2015 as atividades foram realizadas, em ampla maioria, pela empresa responsável, e no ano de 2016 houve maior terceirização nas atividades de terraplenagem.

Outra informação importante é o consumo por classe de equipamento. O gráfico 1 apresenta os dados do consumo total por equipamento.



**Gráfico 1** – consumo de combustível (diesel) por equipamento.

Fonte: Autor.

Nota-se que o maior consumo de combustível na atividade de terraplenagem está associado aos caminhões basculantes, as escavadeiras hidráulicas e as motoniveladoras, que somados contam com aproximadamente 81% do consumo total de diesel. Esse consumo é explicado devido a grande movimentação de terra nessa atividade, sendo que a escavadeira hidráulica faz a remoção e aloca o material nos caminhões basculantes, que destinam este solo para bota fora ou para a própria pista, dependendo das características do solo. As motoniveladoras fazem o serviço de descompactação inicial do solo e ajustes no nível da pista.

### 3.1.2 Tratamento de resíduos – Escopo 1

A tabela 2 apresenta informações de tratamento de resíduos sólidos gerados durante o processo de terraplenagem da obra. O controle de resíduos sólidos é realizado pela empresa responsável pelo empreendimento, não sendo

possível a segregação de geração de resíduos entre a responsável e as empresas terceiras, por isso, essas informações estão todas inclusas no escopo 1.

**TABELA 2 – emissões da gee oriundas do tratamento de resíduos sólidos.**

Tratamentos de resíduos sólidos			
Descrição	Quantidade 2015 (m³)	Quantidade 2016 m³	Total m³
Papel/papelão contaminado	8,03	5,61	13,64
Resíduos têxteis contaminado	4,38	3,06	7,44
Borracha e couro contaminado	1,46	1,02	2,48
Outros materiais contaminados	0,73	0,51	1,24
Total	14,60	10,20	24,80

Durante o período de análise deste trabalho, foram destinados 24,8 m³ de resíduos para aterro sanitário, sendo que a maior concentração dos resíduos se dá nos EPI's contaminados, estopas e panos utilizados na oficina mecânica e embalagens de produtos utilizados durante a obra.

### 3.1.3 Compra de energia – Escopo 2

Foi realizado apenas compra de energia elétrica durante o período do projeto, levando em consideração o canteiro de obras e os alojamentos utilizados para acomodar os colaboradores da empresa. A tabela 3 demonstra os valores, em kWh.

**TABELA 3 – Compra de energia elétrica.**

Compra de energia elétrica				
Registro da fonte	Descrição da Fonte	Eletricidade comprada 2015 (kWh)	Eletricidade comprada 2016 (kWh)	Eletricidade total comprada (kWh)
Canteiro de obras	Celesc Distribuição S.A	18.540	13.580	32.120
Alojamento 01	Celesc Distribuição S.A	1.173	1.344	2.517
Alojamento 02	Celesc Distribuição S.A	0	524	524
Alojamento 03	Celesc Distribuição S.A	1.011	1.908	2.919
Total		20.724	17.356	38.080

É possível constatar que o maior consumo de energia elétrica durante o período analisado se encontra no canteiro de obras. Os alojamentos 1 e 3 foram utilizados durante todo o período levantado, já o alojamento 2 foi utilizado apenas no ano de 2016.

### 3.1.4 Fontes móveis terceirizadas – Escopo 3

Foram levantados todas maquinas e equipamentos utilizados para a atividade de terraplenagem que foram locadas durante o período entre junho de 2015 a junho de 2016, as informações estão elencadas na tabela 4.

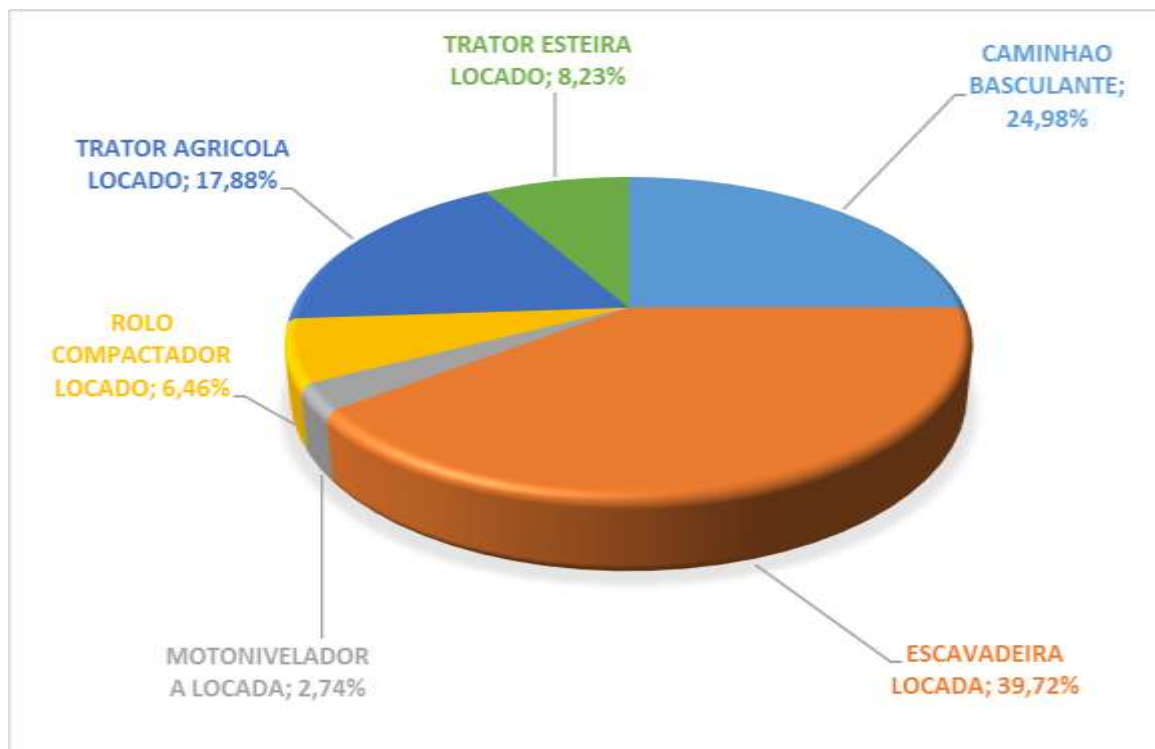
**TABELA 4 – Consumo de combustível por terceiros**

Código Caminhão	Descrição do equipamento	Consumo Jun/dez 2015 (L)	Consumo Jan/jun 2016 (L)	Total período (L)
CLT256	Caminhão Basculante	100	3412,1	3512,1
CLT257	Caminhão Basculante	575	4400	4975
CLT258	Caminhão Basculante	530,1	3733	4263,1
CLT262	Caminhão Basculante	280	3508	3788
CLT263	Caminhão Basculante	643	5134	5777
CLT283	Caminhão Basculante	363	4091	4454
CLT284	Caminhão Basculante	490,1	2978	3468,1
CLT285	Caminhão Basculante	571	4573,1	5144,1
CLT286	Caminhão Basculante	260	3953	4213
CLT289	Caminhão Basculante	-	550	550
CLT290	Caminhão Basculante	-	1365	1365
CLT291	Caminhão Basculante	-	1365	1365
CLT292	Caminhão Basculante	-	756,1	756,1
CLT294	Caminhão Basculante	-	3328	3328
MLT31	Motoniveladora Locada	417	-	417
MLT38	Motoniveladora Locada	-	3360	3360
RLT39	Rolo Compactador Locado	-	2420	2420
RLT40	Rolo Compactador Locado	261	1755	2016
RLT42	Rolo Compactador Locado	-	4073	4073
RLT49	Rolo Compactador Locado	261	-	261
RLT55	Rolo Compactador Locado	462	-	462
TPL34	Trator Agrícola Locado	2738	2103,2	4841,2
TEL20	Trator Esteira Locado	1258,5	6491	7749,5
TEL25	Trator Esteira Locado	-	3859	3859
ELT54	Escavadeira Locada	1503	2652	4155
ELT55	Escavadeira Locada	-	1826	1826
ELT56	Escavadeira Locada	-	4086	4086
ELT58	Escavadeira Locada	-	8423,3	8423,3
ELT59	Escavadeira Locada	-	2266	2266
ELT61	Escavadeira Locada	-	4602	4602
ELT45	Escavadeira Locada	2624	-	2624
ELT46	Escavadeira Locada	1296	-	1296
ELT49	Escavadeira Locada	653	-	653
Total		17.300,7	93.078,8	106.348,5

Observando a tabela 4, nota-se que a maioria dos equipamentos locados para a atividade de terraplenagem se dá por escavadeiras e caminhões basculantes.

Já sobre o consumo por categoria, o gráfico 2 mostra a realidade da atividade.

**Gráfico 2** – consumo de combustível (diesel) por equipamento terceirizado.



Fonte: Autor.

É possível observar que o maior consumo de combustível se dá pelas escavadeiras hidráulicas (39,72%), seguida pelos caminhões basculantes (24,98%) e pelo trator agrícola (17,88%). Como na atividade exercida pela responsável pela obra, o maior fluxo de máquinas e equipamentos se dá na movimentação de solos, aonde a escavadeiras e os caminhões basculantes atuam. Já o trator agrícola é utilizado para descompactação do solo, atividade necessária para aplicação de solo com características ideais em obras de terraplenagem.

### 3.2 Emissões de gases do efeito estufa

#### 3.2.1 Escopo 1 – Emissões diretas de GEE

A tabela 5 apresenta o total de emissões de GEE oriundas das fontes móveis.

**TABELA 5 – Emissões de gee oriundas de fontes móveis particular**

Fontes Particular				
Emissões de CO <sub>2</sub> (t) fóssil	Emissões de CH <sub>4</sub> (tCO <sub>2</sub> e)	Emissões de N <sub>2</sub> O (tCO <sub>2</sub> e)	Emissões totais (t CO <sub>2</sub> e)	Emissões de CO <sub>2</sub> biogênico (t CO <sub>2</sub> )
656,68	4,56	10,53	671,77	46,16

Conforme os dados levantados, durante o período de análise deste trabalho, foram gerados 671,77 tCO<sub>2</sub>e somente no consumo de diesel da frota particular da responsável pela obra, sendo ainda emitidos 46,16 tCO<sub>2</sub>e de CO<sub>2</sub> biogênico, ou seja, consideradas neutras, uma vez que se encontra no ciclo do carbono que será absorvido pelo sistema. A queima de combustíveis fósseis também gera emissão de gás metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Os valores foram adequados para tCO<sub>2</sub>e visando homogeneidade das informações. O alto consumo das escavadeiras hidráulicas e o número de caminhões basculantes alavancaram este valor de emissões.

A tabela 6 apresenta informações das emissões de GEE oriundas do tratamento de resíduos sólidos gerados durante o processo de terraplenagem da obra.

**TABELA 6 – Emissões da gee oriundas do tratamento de resíduos sólidos.**

Tratamentos de resíduos sólidos				
Descrição	Total Resíduos (m <sup>3</sup> )	Emissões 2015 tCO <sub>2</sub> e	Emissões 2016 tCO <sub>2</sub> e	Total tCO <sub>2</sub> e
Papel/papelão contaminado	13,64	1,14	0,80	1,94
Resíduos têxteis contaminado	7,44	0,62	0,44	1,06
Borracha e couro contaminado	2,48	0,21	0,15	0,35
Outros materiais contaminados	1,24	0,10	0,07	0,18
Total	24,80	2,08	1,45	3,53

Gerado 24,80 m<sup>3</sup> de resíduos destinado para aterro, o tratamento destes resíduos gerou 3,53 tCO<sub>2</sub>e. No ano de 2015 foi registrado aproximadamente 60% das emissões, e no ano de 2016 foi registrado 40% das emissões. A evidência da diminuição das emissões se deu devido a menor geração de resíduos, oriunda de uma campanha realizada pela empresa responsável. Outro motivo foi a diminuição das frotas particular e terceirizada durante o período de análise, acarretando e menor manutenção, conseqüentemente em menor geração de resíduos.

### 3.2.2 Escopo 2 – Compra de Energia elétrica

Foi realizado apenas compra de energia elétrica durante o período do projeto, levando em consideração o canteiro de obras e os alojamentos utilizados para acomodar os colaboradores da empresa. A tabela 7 demonstra os valores, em kWh.

**TABELA 7 – Compra de energia elétrica**

Compra de energia elétrica			
Registro da fonte	Descrição da Fonte	Eletricidade total comprada (kWh)	Emissão (tCO <sub>2</sub> e)
Canteiro de obras	Celesc Distribuição S.A	32.120	4,046
Alojamento 01	Celesc Distribuição S.A	2.517	0,322
Alojamento 02	Celesc Distribuição S.A	524	0,071
Alojamento 03	Celesc Distribuição S.A	2.919	0,373
Total		38.080	4,814

O consumo de energia elétrica gerou 4,814 tCO<sub>2</sub>e de emissões de gases do efeito estufa, sendo 84% registrado pelo canteiro de obras e 26% nos alojamentos. O Consumo de energia pelo canteiro se justifica, devido a instalação de oficina mecânica, tanque de abastecimento e escritório administrativo, altamente demandante de energia.

### 3.2.3 Escopo 3 – Fontes Indiretas de GEE

A tabela 8 apresenta as emissões totais geradas pela terceirização da frota ao longo das atividades de terraplenagem na rodovia SC 120.

**TABELA 8 – Emissões totais de gee pelo escopo 3**

Fontes Terceirizada				
Emissões de CO <sub>2</sub> (t) fóssil	Emissões de CH <sub>4</sub> (tCO <sub>2</sub> e)	Emissões de N <sub>2</sub> O (tCO <sub>2</sub> e)	Emissões totais (t CO <sub>2</sub> e)	Emissões de CO <sub>2</sub> biogênico (t CO <sub>2</sub> )
333,689	0,524	5,349	339,563	23,457

A frota terceirizada, composta pelos equipamentos locados para a atividade de terraplenagem geraram no período 339,56 tCO<sub>2</sub>e de gases. Com o aumento de locação dos equipamentos no ano de 2016, registrou-se um aumento nas emissões em relação ao ano de 2015. A quantidade de escavadeiras hidráulicas, caminhões basculantes e a alta atividade do trator agrícola são a parte de maior consideração em questão das emissões de GEE.

### 3.2.4 Emissões totais

As informações de emissões totais foram compiladas na tabela 9, sendo dividida também em informações por escopo.

**TABELA 9 – Emissões de gee por e escopo e emissões totais.**

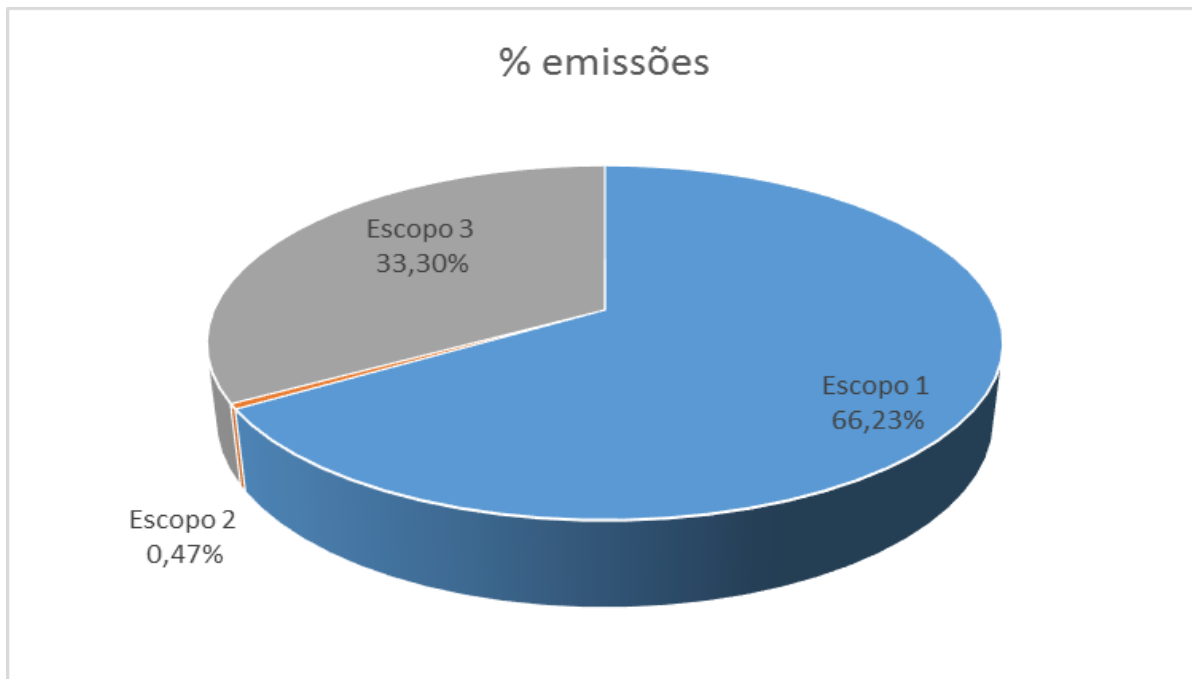
	Total de emissões (t CO <sub>2</sub> e)	Total carbono biogênico (t CO <sub>2</sub> e)
Escopo 1	675,30	46,16
Escopo 2	4,814	-
Escopo 3	339,563	18,047
Total	1.019,68	64,21

É notório que as emissões diretas são a maior parcela das emissões registrada neste inventário, e a maioria esmagadora desta parcela se dá pelo consumo de combustíveis fósseis. Nota-se também que a quantidade de carbono biogênico registra valores baixos, se o combustível fosse de fontes vegetais, esse valor poderia ser maior, sendo assim, emitindo menos gases do efeito estufa.

Outro cálculo que ajuda para análises futuras é a emissão de GEE por quilometro, sendo a simples divisão entre os valores levantados totais de emissões de CO<sub>2</sub> eq pela extensão total da área do estudo. Sendo a área total de 20,3 km de extensão, e as emissões totais de 1.019,68, se tem a Emissões de GEE/Km de 50,23 tCO<sub>2</sub> eq.

Já o gráfico 3 apresenta informações das emissões em porcentagem (%) por escopo.

**Gráfico 3** – Emissões totais de GEE por escopo.



**Fonte:** Autor

As informações contidas no gráfico 3 comprovam que a maior porcentagem das emissões de GEE na atividade de terraplenagem da SC 120 se encontram no escopo 1 (66,23%) seguido pelo escopo 3 (33,30%) e menos expressivo o escopo 2 (0,47%).



## **4 MITIGAÇÕES**

Neste item, serão discutidas medidas mitigatórias para os 3 escopos, com o intuito de diminuir ou neutralizar parte das emissões geradas pela atividade de terraplenagem da SC 120.

### **4.1.1 Escopo 1 – Fontes diretas de emissões de GEE.**

O consumo de combustível pelas fontes móveis é o maior setor de emissões registrado pela atividade, sendo o mais impactante nos resultados. Alternativas como a substituição gradativa da frota por máquinas e equipamentos que registrem um consumo menor altera rigorosamente nos valores apresentados.

Outra alternativa na troca da frota é a escolha por equipamentos que consomem combustíveis menos impactantes, como o Biodiesel, ou combustíveis associados (mistura de biodiesel com diesel normal).

Para a mitigação de emissões de resíduos tratados durante os meses de junho/2015 a junho/2016 a alternativa seria a compensação desta emissão, através de plantio de mudas florestais, visando neutralizar as emissões.

### **4.1.2 Escopo 2 – consumo de energia.**

Campanhas de uso consciente de energia elétrica já estão sendo implantadas no canteiro de obras, visando a diminuição do consumo e consequentemente a diminuição das emissões de GEEs, sendo que a maior parte das emissões se registra justamente neste ambiente. As confecções de adesivos utilizados como lembretes para apagar as luzes em caso de ambiente vazio já estão em andamento. Esta ferramenta será estendida para os alojamentos, que até o momento não sofreu nenhuma atividade para uso consciente de energia.

### **4.1.3 Escopo 3 – Fontes indiretas de emissões.**

As medidas de mitigação para redução e/ou neutralização das emissões de gases do efeito estufa para o escopo 3 – fontes indiretas se assemelham ao do escopo 1 – fontes diretas, sendo que a única fonte de emissão deste escopo se dá pelo consumo de combustível fóssil. A substituição desde maquinário por fontes

móveis que consomem combustíveis menos impactantes (Biodiesel) seria a melhor solução a curto prazo. Pensando a longo prazo, o plantio de mudas de vegetação nativa como fonte de neutralização das emissões é uma alternativa viável e de custo relativamente baixo.

## 5 CONCLUSÕES

As emissões de dos gases do efeito estufa gerados pela obra de terraplenagem na rodovia SC 120, localizada no município de Curitiba, são originadas basicamente na queima de combustível pelas fontes móveis, tanto próprias (fontes diretas, escopo 1) quanto terceirizadas (indiretas, escopo 3). Em menor expressividade estão as emissões geradas pela compra de energia elétrica e por último o tratamento dos resíduos gerados.

Esse consumo de combustível fóssil (diesel comum) se dá pela alta demanda dos equipamentos mais pesados, como as escavadeiras hidráulicas, caminhões basculantes, motoniveladoras e trator agrícola. Estes equipamentos são a base da atividade, que consiste em movimentação do solo para reconfiguração topográfica.

Pensando em mitigação destas emissões, a troca gradual da frota particular e terceirizada por equipamentos que consumam combustíveis de fontes menos emissoras (biodiesel) e máquinas que consomem menos combustível pode apresentar resultados interessantes se tratando da redução das emissões destes gases.

Outra forma de mitigação seria a compensação das emissões através do plantio e manutenção de mudas florestais, atividade bastante comum para o setor de construção civil. Essa medida pode neutralizar algumas emissões que não podem ser reduzidas, como o consumo de combustível, o tratamento dos resíduos da obra e a compra de energia.

Portanto, este inventário se mostrou uma ferramenta importante para gestão de carbono na obra, pois gera informações periódicas sobre emissões de gases do efeito estufa, podendo assim inferir sobre as melhores técnicas para a não emissão, redução e/ou neutralização desses gases tão nocivos ao meio ambiente.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brasil. Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF (2009 dez 29).

CARVALHO, J.L.R.; MACHADO, M.N.M.; MEIRELLES, A.M. (2011) Mudanças climáticas e aquecimento global: implicações na gestão estratégica de empresas do setor siderúrgico de Minas Gerais. **Cadernos EBAPE.BR**, v. 9, n. 2, p. 220-240.

GHG Protocol Brasil. Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol. 75 p., 2014

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE-IPCC. **Contributions of Working Group I. of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2006. 398 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE-IPCC. **Technical summary on Climate change**. Cambridge, 2012. 398 p.

Minas Gerais (Estado). Decreto Estadual 45.229, de 04 de dezembro de 2009. **Regulamenta medidas do Poder Público do Estado de Minas Gerais referentes ao combate às Mudanças Climáticas e Gestão de Emissões de Gases de Efeito Estufa**; p.2; 31 de agosto de 2010.

OJIMA, R. (2011) As dimensões demográficas das mudanças climáticas: cenários de mudança do clima e as tendências do crescimento populacional. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 28, n. 2, p. 389-403.

Rio de Janeiro (Estado). Lei nº 5.690, 14 de abril de 2010. Institui a política estadual sobre mudança global do clima e desenvolvimento sustentável e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**; p. 1.

São Paulo (Estado). Lei nº 13.798, de 09 de novembro de 2009. Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas - PEMC. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**. 10 nov. 2009; 119(209).